

## ILOM 月面望遠鏡の開発

## Development of In-situ Lunar Orientation Measurement telescope

# 荒木 博志[1], ILOM 研究グループ 花田英夫

# Hiroshi Araki[1], ILOM Research Group Hanada Hideo

[1] 国立天文台・水沢

[1] NAO, Mizusawa

国立天文台・岩手大学を中心とした ILOM 研究グループでは、SELENE-I 以後の次期大型月探査計画で月の極地方に PZT 型望遠鏡（月面天測望遠鏡、In-situ Lunar Orientation Measurement (ILOM) 望遠鏡）を設置し、これまで月レーザ測距 (LLR) に頼っていた月物理秤動（月自転軸の方向と自転角速度の変動）の観測精度を一桁上げ、1 ミリ秒角で観測することを計画している。これにより月の流体核の有無、励起源など全く新しい情報が得られ、月の内部構造や起源・進化についての研究が格段に進歩すると期待されている。

以下 ILOM 望遠鏡の現在の概要と開発状況について紹介する。ILOM 望遠鏡は PZT 型の屈折望遠鏡であり、約 100 鏡筒が傾いても焦点面上の星像の位置ずれは 1 ミリ秒角 (1mas) 以下に抑えることができる。月面天測望遠鏡は月の極地に設置し、月面着陸後鏡筒を鉛直方向に固定するための 3 軸回転機構を持つほか、自転速度変化の観測用に極方向と同時に赤道方向の星も観測できるように、鏡筒上部に 45° 傾けた半透鏡を置く。星像は CCD で受け、オンボードの画像処理で位置情報に変換される。CCD 用電子回路部は水銀皿の下に設けられ温度コントロールされる。計測精度を高めるためには、望遠鏡の焦点距離は長いほど有利だが、現実的な仕様として焦点距離 2m、口径 20cm を想定している。

月面の厳しい環境に耐えるために解決すべき課題は、光学系、機構系、電気系など多岐にわたる。望遠鏡を設置する月レゴリスの安定性についてはアポロ月探査で得られたサンプルの試験データから、月軟着陸時の潜り込みは 1mm 以下で問題なさそうである。着陸後におこる長期的な沈み込みについても、水銀管傾斜計と月土壌シミュラントを用いて試験が行われ、1 年の経年変化は 100 より十分小さく問題にならないことがわかった。

熱・構造については、鏡筒、対物レンズ及び半透鏡の熱モデルを作成し、線膨張率の計測を行ったところ、 $0.08\text{ppm}/^\circ\text{C}$  ~  $0.22\text{ppm}/^\circ\text{C}$  との結果を得た（計測誤差は  $0.02\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ）。今後月面環境下を想定した各種予備実験が行っていく予定である。

対物レンズ系については、2 玉分離型の光学系でも重心ずれを数 mas に抑えることが可能であることがわかった。光路を折り返す水銀面についても、直径 11cm、深さ 5cm の水銀皿の使用を前提に、凍結および温度勾配、表面張力による面の傾斜を検討した。その結果厳しい条件でも最大温度差は  $0.25^\circ\text{C}$  に過ぎず凍結の恐れはなく、熱放射量も  $0.15\text{W}$  以下であることがわかった。水銀面の水平面からのずれを 1mas 以下に保つためには、水銀の両端の温度を  $1/1000$  以下にする必要があるが、水銀に平面鏡を浮かべアイソスタシーで温度勾配による傾斜をキャンセルできれば実現可能である。一方表面張力の影響は大きく、水銀皿の側面から 8cm の範囲にわたって表面張力の影響が 1mas 以上になることが示される。これを打ち消すためには水銀皿に補償リングをはめ込んでやればよく、トワイマングリーン干渉計で実測したところ、鉛直方向から計ったリング斜面の傾きを  $33^\circ$  程度にすると効果が最も大きいことがわかった。さらに CCD 上の星像から位置情報を取り出すアルゴリズムの開発を目指し、人工星の位置計測実験を行っている。講演ではこれらの実験結果及び解析を含め ILOM 望遠鏡の最新の開発状況について発表する。